

آشنایی با ماهواره‌های هواشناسی و کاربردهای آن

سیروس فیزی

سرگروه جغرافیای آموزش و پرورش منطقه ۱ حی اصفهان
و دانشجوی دکتری جغرافیا دانشگاه اصفهان

چکیده

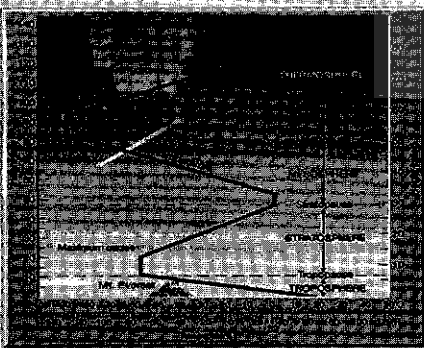
پس از پرتاب ماهواره‌ها به فضا، در پیجه‌ی جدیدی در علم شناسایی زمین و پدیده‌های آن ایجاد شد. با توجه به این که بیش از ۷۰ درصد سطح کره‌ی زمین را آب تشکیل می‌دهد و همیشه بیش از نیمی از سطح این کره در پوششی از آب قرار دارد، یکی از هدف‌های اصلی مطالعه‌ی تصویرهای ماهواره‌ای، بررسی خصوصیات آب‌ها و به ویژه اقیانوس‌ها و همچنین رفتار ابرهاست. در این مقاله سعی شده است با بررسی تاریخچه‌ی ماهواره‌های هواشناسی، به بررسی کاربردهای آن‌ها در مطالعات پدیده‌های سطح زمین پرداخته شود.

زمین را پوشانده‌اند. به طور کلی، حدود ۵۱ درصد از خشکی‌ها و آب‌ها به دلیل پوشش آبی، از دید ماهواره‌های غیرراداری پنهان می‌مانند. برخی از مشاهدات دورسنجی، به صورت دو بعدی و شامل مشاهده‌ی سطح زمین هستند، ولی بسیاری از مشاهدات دورسنجی، مانند مشاهدات دورسنجی ژئوفیزیک، به صورت سه بعدی اطلاعاتی را در مورد لایه‌های سطح زمین تهیه می‌کنند. مشاهدات اولیه‌ی دورسنجی هواشناسی، شامل مشاهداتی در مورد تغییرات پروفیل طولی اتمسفر زمین مانند دما و فشار بوده است. تصویر ۱ تغییرات دما و فشار در ارتفاع بالای سطح زمین را نشان می‌دهد.

مقدمه

مهم‌ترین کاربرد اولیه‌ی ماهواره‌ها، استفاده از آن‌ها در ارتباطات و هواشناسی بود. اولین ماهواره‌ی هواشناسی آمریکا با نام «تیروس-۱» در آوریل ۱۹۶۰ به فضا پرتاب شد. از آن زمان به بعد، سایر آژانس‌های فضایی آمریکا مانند «سازمان ملی و هواپروازی فضا» (NASA) و «سازمان ملی جو و اقیانوس» (NOAA)، ماهواره‌های متفاوت زمین‌آهنگ و خورشید آهنگ را با سنجنده‌های گوناگون و پیشرفته، برای مشاهده‌ی خصوصیات اتمسفر زمین و تغییرات اقلیمی به فضا پرتاب کرده‌اند. در سایر کشورها در گزارشات هواشناسی، چه در بعد منطقه‌ای و چه در بعد کشوری، از تصویرهای ماهواره‌ای استفاده می‌شود. در این مقاله، علاوه بر شرح کاربردهای اولیه‌ی ماهواره‌های هواشناسی، به برخی از کاربردهای کنونی آن‌ها در علم آب و هواشناسی می‌پردازیم.

پس از پرتاب ماهواره‌ی «اسپوتنیک-۱» در سال ۱۹۵۷، در پیجه‌ی بزرگی در زمینه‌ی مشاهده‌ی مستقیم ویژگی‌های حوی، سنسورهای هواشناسی، وضعیت اقیانوس‌ها و میزان بارندگی ایجاد شد.

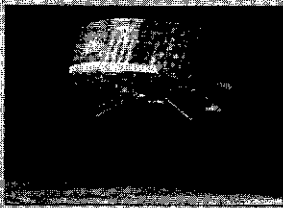


تصویر ۱: تغییرات ارتفاعی دما و فشار جو

[<http://www.gis.nasa.gov/Intro>]. با ترکیب تصویرهای ماهواره‌ای در

سری‌های زمانی نزدیک به هم و تهیه‌ی موزاییک آن‌ها، به راحتی می‌توان تغییرات را در طول دوره‌های زمانی متفاوت، حتی در مقیاس

آشنایی با کاربردهای اولیه‌ی ماهواره‌های هواشناسی اقیانوس‌ها و آب‌های شیرین، بیش از ۷۰ درصد از سطح کره‌ی



تصویر ۱ الف) ماهواره‌ی تیروس-۱ ب) اولین تصویرهای آن

از سال ۱۹۵۹ تاکنون، ماهواره‌های هواشناسی متعددی (حدود ۲۷ ماهواره) از کشورهای چون آمریکا، روسیه (شوروی سابق)، ژاپن، چین، ایتالیا، فرانسه و آلمان فضایی اروپا برای تهیه داده‌های به‌روز هواشناسی و مشاهده و پیش‌بینی سیستم‌های هواشناسی و همچنین، مطالعات علمی به‌منظور درک بهتر جو، اقیانوس‌ها و نیروهای زمین (ماگنتوسفر و یوسفر) و مطالعات زیست‌محیطی، به‌فضای پرتاب شده‌اند [پیشین].

از مهم‌ترین کاربردهای ماهواره‌های هواشناسی در مطالعات سیستم‌های هواشناسی، مشاهده‌ی وضعیت اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، و همچنین تسخیر آب است. با افزایش کارایی سنجنده‌ها، توانایی سنجش دما و همچنین فشار (به صورت کیفی) به‌طور غیر مستقیم امکان‌پذیر شد. ضمن این‌که امکان اندازه‌گیری سرعت باد و میزان حرکت توده‌های هوا به‌صورت کمی تیر پدید آمد. ولی مشخص‌ترین عارضه‌ای که در تصویرهای ماهواره‌های هواشناسی به‌خوبی قابل تشخیص است، ابرها هستند. اغلب شکل‌های ابرها، مانند کومولوس، استراتوس، سیروس، نیبوس و ترکیب آن‌ها، به‌طور بارز و آشکاری در بیش‌تر تصویرهای ماهواره‌ای مشخص هستند.

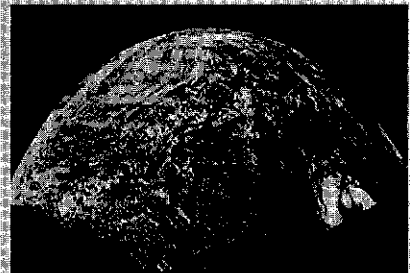
یکی از شکل‌های بارز و مرسوم ابرها حالت «پچیله‌ی حلقوی» است. این ابرها هسته‌ی بزرگی دارند که باعث ایجاد بارندگی و توفان‌های شدید مانند گردبادها می‌شوند. تصویری یادمانه‌ی دید وسیع، می‌تواند این سیستم را به‌طور کامل نشان دهد. تصویر ۲، ظهور توفانی را که جهت چرخش آن برخلاف جهت ساعت است، در ساحل‌های کالیفرنیا نشان می‌دهد. این تصویر توسط سنجنده‌ی «SeaWiFS» ماهواره‌ی «آر‌بی‌ویو-۲»^۷ تهیه شده است [allmetsat.com].

تصویرهای لندست نیز حدود ۱۸۰ کیلومتر از محل را نشان می‌دهند. این تصویرها شکل‌های ابرها را دقیق‌تر نشان می‌دهند. تصویر ۵، تصویر ابرهای استراتوکومولوس با هسته‌های ۱۵-۱۰ کیلومتری در اقیانوس آرام است. هنگامی که هوای گرم جزایر جزایر همرفت بالا می‌رود و سرد می‌شود، ابرها متراکم می‌شوند و هوای سرد در اطراف هسته‌های ابر فرو می‌رود. فضای تیرری اطراف هسته‌ی ابرهای تصویر ۵، اقیانوس نیست، بلکه توده‌ی نازکی از بخار آب با بازتاب کم است که در رابطه با هوای فشرده به‌وجود آمده.

جهانی، مشاهده کرد. ماهواره‌های زمین‌نگار می‌توانند تغییرات لحظه‌ای جو را در هر نقطه از محدوده‌ی دید خود ثبت کنند. به‌کنایه می‌توان گفت، ابرها بیش‌ترین موضوعی هستند که در تصویرهای ماهواره‌ای می‌توان پیدا کرد و به‌عنوان هدف اولیه‌ی ماهواره‌های هواشناسی نیز شناخته شده‌اند [پیشین]. به‌علاوه، ماهواره‌های هواشناسی همراه با سنجنده‌هایی با قابلیت دریافت اطلاعات متعددی ساخته شده‌اند که می‌توانند، ویژگی‌های گوناگون هوا و اقیانوس‌شناسی مانند دمای استراتوسفر و تروپوسفر، میزان اشعه‌ی زمین، شیمی هوا (ازن، ترکیبات گوگرد و آترسول‌ها) حرکات بادها، دریاها و یخ‌های اقیانوس‌ها و میزان ذخیره‌ی حیاتی اقیانوس‌ها را به‌دست آورند.

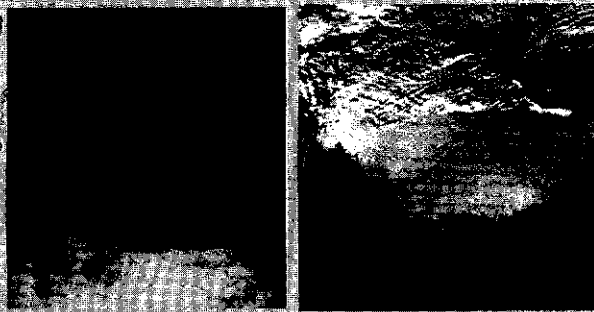
این نکته نیز قابل ذکر است که داشتن میدان دید وسیع، شرط لازم برای هر ابزار دورسنجی در هواشناسی است. در مشاهدات سیستم‌های هواشناسی، مهم‌ترین نکته نشان دادن وضعیت پوشش ابر و تغییرات دما در سطح وسیع است که این کار با استفاده از تیرهای با زاویه‌ی دید وسیع در تلسکوپ‌ها و یا داشتن ارتفاع زیاد در ماهواره‌ها انجام می‌شود. اغلب ماهواره‌های هواشناسی در فاصله‌ی صدها تا هزاران کیلومتری سطح زمین قرار گرفته‌اند، تا سطح بزرگی از سطح زمین را در یک زمان تحت پوشش قرار دهند. در این حالت، ابرها و سایر پدیده‌های هواشناسی در سطح منظر وسیعی برداشت می‌شوند تا به‌هواشناسان در طبقه‌بندی سیستم‌های هواشناسی متحرک کمک کنند. این کار پس از پرتاب ماهواره‌ی اسپو-۳ تک امکان‌پذیر شد.

تصویر ۲، موزایک سطح نیمکره‌ی شمالی جو زمین را نشان می‌دهد. این تصویر با استفاده از دوربینی با لنزی دارای زاویه‌ی دید وسیع که در راکت «ارویی»^۵ کار گذاشته شده بود، گرفته شده است. در تصویر ۲، چندین سیستم متفاوت ابر مشاهده می‌شود [پیشین]. اولین ماهواره‌ی آمریکا با هدف مشاهده و تهیه‌ی تصویر از سطح زمین با نام تیروس-۱ در اول آوریل ۱۹۶۰ به‌فضای پرتاب شد (تصویر ۳-الف). این ماهواره انرژی خود را با استفاده از ۹۲۶۰ باتری خورشیدی با عرض ۱۰۶ سانتی‌متر که در سطح خارجی آن تعبیه شده بود، فراهم می‌کرد. در این ماهواره دو دوربین با قدرت تفکیک مکانی کم و زیاد تعبیه شده بودند. در تصویر ۳-ب، یکی از اولین تصویرهای این ماهواره نشان داده شده است [rst.gsfc.nasa.gov/Sect3].

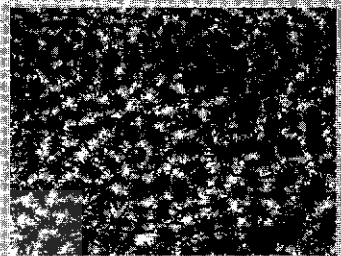


تصویر ۳، تصویر پرواز یک شبه از راکت ارویی

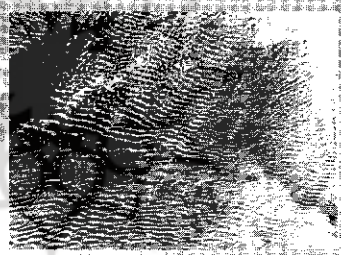
است. همچنین، ابرهای استراتوکومولوس می‌توانند مانند موج‌های دریا مارک تپه‌های شنی ظاهر شوند که در تصویر ۶ تهیه شده از دریای ابارتس (۱) در نزدیکی شبه جزیره ی «کیولا» به خوبی نشان داده شده است [پیشین].



تصویر ۶. ابرهای استراتوکومولوس در ساحل‌های کانادا



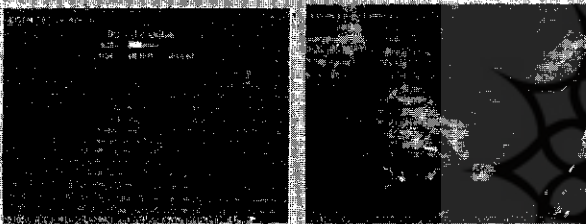
تصویر ۵. ابرهای استراتوکومولوس در تصویرهای لندست



تصویر ۷. ابرهای استراتوکومولوس موج‌دار

الف تصویر ۷. تصویر ماهواره‌ی HCMM در دو طیف متفاوت مادون قرمز

در سال‌های اخیر، «سازمان ملی جو و اقیانوس آمریکا» سرویس هواشناسی ملی را با استفاده از رادار ایجاد کرده است. شبکه‌ی «NEXRAD» شامل رادارهای باند S در ۱۶۴ نقطه‌ی آمریکاست. این سیستم، قابلیت شناسایی و هشدار در زمینه‌ی توفان‌های سهمگین، گردبادهایی مانند تورنادو و سیلاب‌های سهمگین را داراست. تصویر ۸، وضعیت پراکنش ابر و بارندگی را در ۲۸ ایالت آمریکا نشان می‌دهد [daac.gsfc.nasa.gov].



تصویر ۸. وضعیت پراکنش ابر و بارندگی در ۲۸ ایالت آمریکا

در این بخش، به تاریخچه‌ای از موارد استفاده‌ی ماهواره‌ها در مشاهده‌ی روزانه‌ی تغییرات سیستم‌های جوی اشاره شد. در بخش بعدی، به ابزارهای رایج ماهواره‌های هواشناسی پرداخته می‌شود.

۲. ابزارهای رایج ماهواره‌های هواشناسی

از رایج‌ترین ابزار مشاهده‌ی ماهواره‌های هواشناسی، سنجنده‌هایی هستند که تصویرهای آن‌ها در طیف مرئی تهیه شده‌اند و مهم‌ترین هدف آن‌ها نیز ابرها (شامل نوع، پراکنش، اندازه، سرعت و جهت حرکت آن‌ها) هستند. ابرها و سایر اجزای سیستم هوا و همچنین اقیانوس‌ها در طیف‌های متفاوت مادون قرمز، به خوبی قابل شناسایی‌اند. آب و گازها در این محدوده‌ی طیفی، جذب قابل توجهی دارند. به طور کلی، در بحث هواشناسی ماهواره‌ای، هنگام صحبت از محدوده‌ی طیف مادون قرمز، توجه به باند مادون قرمز حرارتی معطوف می‌شود که در محدوده‌ی ۴ تا ۱۴ میکرومتر است. در حالی که دو محدوده‌ی ۳ تا ۵ میکرومتر نیز به دلیل سردتر بودن ابرها از خشکی، و مشخص بودن محدوده‌ی آب از آن‌ها، از

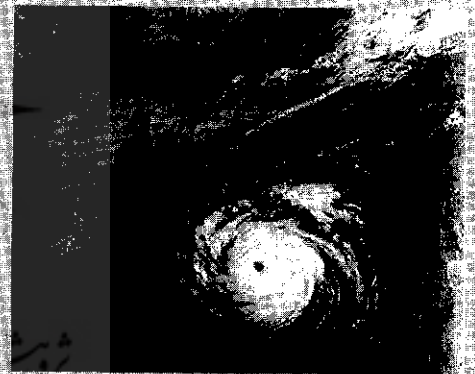
تصویر ۷، یکی دیگر از کاربردهای ماهواره‌ی «HCMM» را در شناسایی خصوصیات توده‌های هوای نشان می‌دهد. تصویر ۷الف محلی را در محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک (۵/ تا ۱۱/۱ میکرومتر) و تصویر ۷ب، همان محل را در محدوده‌ی طیف مادون قرمز حرارتی (۵/ تا ۱۲/۵ میکرومتر) نشان می‌دهد [پیشین]. با نگاهی اجمالی به تصویر ۷الف، چنین استنباط می‌شود که توده‌ی متراکم ابر بر فراز سطحی سرد و بدون شکل گسترش یافته است که این اتفاق می‌تواند در هر جای سطح اقیانوس رخ دهد. ولی تصویر ۷ب نشان می‌دهد که مناطق تیره خشکی هستند و سطح ابرها به طور یکسانی سرد شده‌اند. در تصویر ۷الف، سطح خشکی به صورت یکپارچه سرد و بنابراین فاقد شکل مشخص است. در تصویر ۷ب، مرز بین خشکی و ابر سرد با استفاده از تفاوت بین توده‌ی هوای سردتر در شمال و هوای گرم‌تر در جنوب بارزتر شده است.

باند مادون قرمز استفاده‌ی فراوانی می‌شود.

در ۲۵ سال اخیر، سنجنده‌ی تصویربرداری اکثر ماهواره‌های هواشناسی، «AVHRR» (نمایش سنج پیشرفته ما توان تفکیک بسیار بالا) است. این سنجنده پنج باند دارد که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. سنجنده‌ی مذکور هم‌اکنون روی ماهواره‌ی مدار قطبی «NOAA» و سری‌های ماهواره‌ی «GOES» نصب شده است. [goes.noaa.gov, last Retrieved: nws.noaa.gov, last Retrieved] قدرت تفکیک زمینی آن در نقطه‌ی نادیر یا زاویه‌ی دید ۱/۴ میلی‌رادیان با ارتفاع ۸۳۰ کیلومتر، ۱۱۰۰ متر است و مساحتی برابر ۲۴۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد. تصویر ۹، گردباد دایان‌تا در ساحل‌های شرقی آمریکا را نشان می‌دهد که با این سنجنده در طیف مرئی برداشت شده است. [nws.noaa.gov, last Retrieved].

جدول ۱. ویژگی‌های سنجنده‌ی AVHRR

شماره‌ی باند	طول موج (میکرومتر)	انفکانه‌ی باند
۱	۰.۶۸-۰.۸۵	برای روز و شب و برای سطح
۲	۱.۶۰-۱.۶۵	در بام آب و خشکی
۳A	۳.۷۵-۳.۹۵	شناسی برف و یخبند
۳B	۳.۹۵-۴.۰۵	نقشه‌برداری از برف، دمای نقطه‌ی ذوب
۴	۶.۳-۶.۴	نقشه‌برداری از برف، دمای سطح برف
۵	۱۱.۵-۱۲.۵	دمای سطح دریا و ابرها

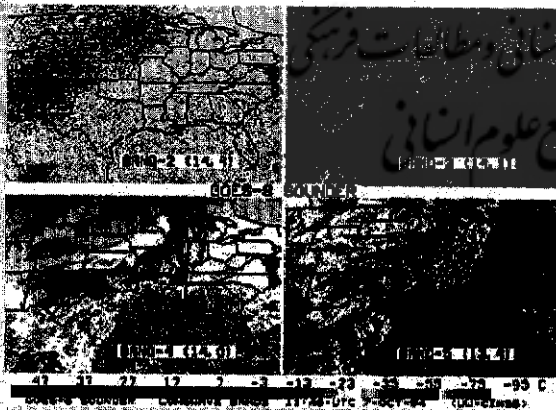


تصویر ۹. باند مرئی سنجنده AVHRR

مایکروویو اسکن‌کننده‌ی الکترونیکی^۴ (ESMR) استفاده می‌کنند. در ماهواره‌ی نیمبوس^۷، از سنجنده‌ی دیگری با نام «طیف سنج مایکروویو اسکن‌کننده‌ی چند کاناله»^۶ (SMMR) استفاده می‌شود. همچنین، سنجنده‌ی مایکروویو «SSM/I»^۸ روی ماهواره‌ی «DMSP» مشغول برداشت داده است. سایر ماهواره‌های زاینی، اروپایی و کانادایی نیز سیستم‌های رادار و مایکروویو دارند. [tst.gsfc.nasa.gov/sect14].

از «رفاسنج»^۹ ابزار دیگری است که داده‌های مفیدی را به صورت سه‌بعدی از اعماق متفاوت جمع‌آوری می‌کند و توانایی مشاهده‌ی سطوح جوی به صورت عمودی و از راه دور، به خصوص از سطح دریا و رادار و سنجنده‌های گوناگونی در این مورد وجود دارند، از جمله «رفاسنج مادون قرمز»^{۱۰} توان تفکیک بالا «HRIS»^{۱۱} که با ۲۰ کانال از طیف مرئی تا ۱۵ میکرومتر را با توان تفکیک ۴۲ کیلومتر تحت پوشش قرار می‌دهد. از دیگر «رفاسنج‌ها» نیز می‌توان به «واحد «رفاسنج مایکروویو»^{۱۲} (MSU) و «رفاسنج آزمایشی گازها و اتر و سل استراتوسفر»^{۱۳} (SAGE) اشاره کرد. [jpl.nasa.gov/education].

«رفاسنج‌ها» ابزار مناسبی برای تهیه‌ی داده‌هایی چون دما، شیب آب، ازون و رطوبت‌یابی گازها هستند. آن‌ها می‌توانند سطح‌های متفاوتی از جو را ارزیابی کنند. برای مثال، در تصویر ۱۰ که از «رفاسنج ماهواره‌ی GOES-8» تهیه شده است، نقشه‌ی دما در طول موج‌های گوناگون نشان داده شده است. هر نقشه‌ی دمایی، از طول موج‌های متفاوتی تشکیل شده است و هر کدام از این طول موج‌ها، بیانگر دمای سطوح شده از سطح‌های متفاوت ارتفاعی جو هستند. تلسلس نقشه‌ها از بالا سمت راست تا پایین سمت چپ، روندی از کاهش ارتفاع در یک سطح مشخص را نشان می‌دهد. نکته‌ی دیگر در تصویرها، روند افزایش دما از شمال غربی تا جنوب شرقی در هر یک از نقشه‌هاست. [gheo.msfc.nasa.gov/GOES].



تصویر ۱۰. تصویرهای تهیه‌شده از «رفاسنج GOES-8»

۳. طبقه‌بندی ماهواره‌های هواشناسی

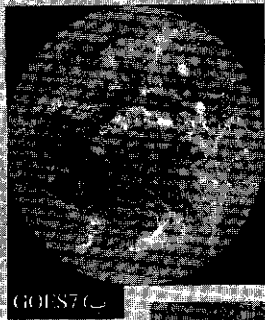
ماهواره‌های هواشناسی براساس ویژگی نوع مدار، به دو گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند. گروهی از آن‌ها ماهواره‌های زیست محیطی مدار قطبی^{۱۴} (POES) هستند که با انحراف زیادی

از سایر سنجنده‌هایی که در ماهواره‌های هواشناسی از آن‌ها استفاده می‌شود، می‌توان به اسکن‌کننده‌ی خطی دو کاناله (OLS) نصب شده روی ماهواره‌ی «DMSP»^{۱۵}، اسکن‌کننده‌ی شش کاناله‌ی رنگی نواحی ساحلی^{۱۶} (CZCS) نصب شده روی «نیمبوس-۷»^{۱۷} و طیف سنج نقشه بردار ازون^{۱۸} (TOMS) در چندین ماهواره، اشاره کرد. [tsd.gsfc.nasa.gov/goes] و [allmetsat.com]. همچنین از سنجنده‌های مایکروویو فعال^{۱۹} (رادار) و غیر فعال^{۲۰} نیز در برخی از ماهواره‌های هواشناسی استفاده شده است. از این سنجنده‌ها در هواشناسی و دریایی شکل‌های گوناگون باران‌گویی، مانند قطر ذرات، در سطح گسترده‌ای استفاده می‌شود.

از سنجنده‌های راداری که روی «اسی است»^{۲۱} و «سری‌های «SIR»^{۲۲} نصب شده‌اند، در مطالعات مخصوص اقیانوس‌شناسی استفاده می‌شود. [allmetsat.com]. ضمن این‌که ماهواره‌های نیمبوس-۵ و ۶ از «طیف سنج

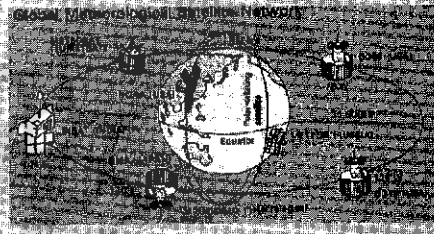
برها در این گردباد تا به حال در هیچ توفان دیگری دیده نشده است. تصویر ۱۲-سج، تصویر ترکیبی از سنجنده‌ی «AVHRR» است که در آن، رنگ قرمز باند ۳/۹ میکرومتر، رنگ سبز باند ۱/۵ میکرومتر و رنگ آبی باند ۳/۵ میکرومتر را نشان می‌دهد. در این تصویر، ساختار تکامل یافته‌ی گردباد و چرخش برخلاف جهت ساعت سیستم و منطقه‌ی کم فشار آن به خوبی مشخص است.

تصویر ۱۲- تصویرهای گردباد آندرو با استفاده از ماهواره‌ی



نسبت به مدار گردش زمین به فضا پرتاب می‌شوند. این ماهواره‌ها که با نام «ماهواره‌های خورشید آهنگ» نیز شناخته می‌شوند، بسیار ویژگی‌های مداری و سرعت زاویه‌ای و میزان انحراف، از هر مکان در یک ساعت محلی معین تصویربرداری می‌کنند. از کاربردهای این ماهواره‌ها می‌توان به تهیه‌ی موزاییک‌های روزانه اشاره کرد که وضعیت کلی زمین را نشان می‌دهند [allmetsat.com].

گروه دیگری از ماهواره‌ها، «ماهواره‌های زیست محیطی زمین آهنگ» (GOES) که همراه با زمین حرکت می‌کنند. بدین معنی که مدار آن‌ها هم‌زمان با گردش نسبی کره‌ی زمین است، یعنی در ۲۴ ساعت گردش یک مدار کامل می‌شود. برای چنین حالتی، این ماهواره‌ها باید با سرعتی برابر ۳/۰۷ کیلومتر در ثانیه، در ارتفاع ۳۵۷۸۰ کیلومتری از سطح زمین قرار بگیرند. بنابراین، ماهواره‌ی یک نقطه‌ی زمین ثابت می‌شود و بدون هیچ تغییری نسبت به سطح زمین، شروع به تصویربرداری می‌کند. تصویر ۱۱- شبکه‌ی ماهواره‌های هواشناسی را در دو طبقه‌بندی ذکر شده نشان می‌دهد [ghcc.nasfc.nasa.gov/GOES] و [rst.gsfc.nasa.gov/sect14].



تصویر ۱۱- انواع ماهواره‌های هواشناسی

۴-۲- تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش برخورد صاعقه خطر برخورد صاعقه، یکی دیگر از خطرانی به شمار می‌رود که اغلب با توفان‌های سهمگین همراه و برخی اوقات کشنده است. سالانه هزاران تخلیه‌ی صاعقه صورت می‌گیرد. تصویر ۱۳، توزیع جغرافیایی میانگین تعداد برخورد صاعقه را در دوره‌ی پنج ساله، از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، در سطح جهان نشان می‌دهد [rst.gsfc.nasa.gov/sect14]. داده‌های حاصل با استفاده از آشکارگر عبور صاعقه‌ی سازمان ناسا و نیز سنجنده‌ی تصویربرداری نوری ۳ ماهواره‌ی «TRMM» تهیه شده‌اند. همان‌طور که در نقشه مشخص است، بیش‌ترین برخورد صاعقه، در مرکز قاره‌ی آفریقا و آمریکای جنوبی اتفاق افتاده است. همچنین، می‌توان نقشه‌ی جهانی ماهانه‌ی برخورد صاعقه را تهیه کرد (تصویر ۱۴) که با نقشه‌ی پنج ساله مطابقت دارد [پیشین].



تصویر ۱۴- نقشه‌ی پراکنش جهانی میانگین پنج ساله‌ی برخورد صاعقه

۴-۳- بررسی برخی از کاربردهای عملی ماهواره‌های هواشناسی

۴-۳-۱- پیش‌بینی گردبادهای سهمگین در اواخر آگوست ۱۹۹۲، توفان «آندرو» که یکی از چهار گردباد سنگین تاریخ آمریکاست، اتفاق افتاد. اگرچه این گردباد قطر کوچکی داشت، ولی بسیار سهمگین بود (سرعت ۲۴۰ کیلومتر در ساعت). با استفاده از تصویرهای ماهواره‌های هواشناسی، شدت و جهت آن تخمین زده و هشدارهای لازم در مورد آن به مردم داده شد. اگرچه میزان خسارات مالی این توفان بسیار زیاد بود (۳ میلیارد دلار)، ولی به دلیل هشدارهای به موقع، از میزان خسارات انسانی به میزان قابل توجهی کاسته شد.

تصویر ۱۲- این توفان را با استفاده از سه سنجنده‌ی متفاوت نشان می‌دهد [rst.gsfc.nasa.gov/sect13]. تصویر ۱۲-الف، تصویر ماهواره‌ی «NOAA-2» است که برخورد گردباد را با ساحل‌های فلوریدا نشان می‌دهد. تن‌های تیره در تصویر بیانگر میزان شدت است. تصویر ۱۲-ب، منظره‌ای از سطح کامل زمین را با استفاده از ماهواره «GOES-7» در ۲۵ آگوست ۱۹۹۲، هنگامی که گردباد به نواحی نیواورلئان رسیده است، نشان می‌دهد. این منظره مقیاس پراکنش گردباد را در قوی‌ترین حالت خود نشان داده است. گسترش

همچنین با استفاده از سنجنده‌ی گرمایی ماهواره‌ی ارب و یو-۲ نیز می‌توان SST را به دست آورد [jpl.nasa.gov/education]. تصویر ۱۶، نقشه‌ی حوالی کانال بانامار نشان می‌دهد. در این تصویر،

آب‌های گرم اقیانوس اطلس (حاصل از جریان گلف استریم) و آب‌های سرد اقیانوس آرام (سمت چپ) به خوبی مشخص هستند.



تصویر ۱۶. نقشه‌ی دمای سطح دریا با استفاده از ماهواره‌ی ارب و یو-۲.

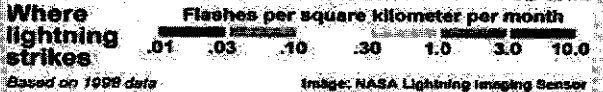
۲-۳-۲. مشخص کردن جریان‌های اقیانوسی با استفاده از SST. جریان‌های اقیانوس‌ها مانند گلف استریم، از توربید منجمد آب‌های گرم مناطق گرم‌سیری که به سمت آب‌های سرد عرض‌های بالاتر می‌روند، به وجود می‌آیند [ghcc.msfc.nasa.gov/GOES].

تصویر ۱۷-الف، تصویر رنگی شده‌ی حرارتی «HCMM» را نشان می‌دهد که در آن جریان گلف استریم در ساحل‌های «ویرجینیا» به خوبی مشخص است. تصویر ۱۷-ب، مشابه این تصویر را در ساحل‌های شرقی، همراه با دمای سطح آب که با استفاده از الگوریتم‌های خاص و تیر کانال‌های گوناگون سنجنده‌ی «AVHRR» ماهواره‌ی «NOAA-۱۴» تهیه شده است، نشان می‌دهد. تصویر ۱۷-ج نیز نشان‌دهنده‌ی همان منطقه با استفاده از سنجنده‌ی «MODIS» ماهواره‌ی «Terra» در محدوده‌ی باند ۱۱ تا ۱۲ میکرون است. در این تصویر، اختلاف دما بین جریان اصلی گلف استریم (رنگ قرمز) و آب‌های اطراف آن به خوبی مشخص است.

تصویر ۱۷. تشخیص جریان گلف استریم در ساحل‌های آمریکا با استفاده از سنجنده‌های HCMM (الف)، AVHRR (ب)، و MODIS (ج).



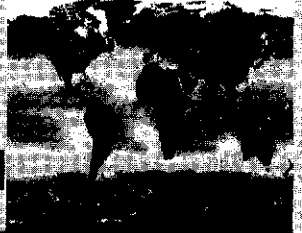
الف



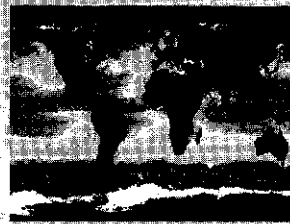
تصویر ۱۲. نقشه‌ی پراکنش جهانی میانگین ماهانه‌ی برخورد صاعقه. ۲-۳-۳. مشخص کردن ویژگی اقیانوس‌ها یکی دیگر از کاربردهای ماهواره‌های هواشناسی، مشاهده‌ی تغییرات اقیانوس‌هاست. انواع داده‌های اخذ شده توسط سنجنده‌ی ماهواره‌ها از اقیانوس‌ها عبارتند از: دمای سطح دریا^{۳۱} (SST)، الگوی جریان‌های اقیانوسی^{۳۲}، شکل گردآب‌ها، وضعیت آب‌های بالادست، رفتار بادهای سطحی، حرکت موج‌ها، رنگ اقیانوس‌ها (که بیانگر تراکم فیتوپلانکتون‌هاست) و وضعیت یخ‌های دریا در عرض‌های بالاتر.

۲-۳-۱. تعیین دمای سطح دریا با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای می‌تواند دمای روزانه‌ی سطح آب را به دست آورد که به آن دمای سطح دریا نیز گفته می‌شود. تصویر ۱۵، نمونه‌ای از نقشه‌ی SST روزانه را نشان می‌دهد [new.noaa.gov.last Retrieved]. با ترکیب داده‌های روزانه، می‌توان دمای ماهانه‌ی SST را برای ماه‌های متفاوت به دست آورد. تصویر ۱۵-الف، SST ماهانه در ماه ژانویه و تصویر ۱۵-ب، SST ماهانه در ماه جولای را نشان می‌دهد. در این تصویرها، رنگ‌های قرمز و زرد، آب‌های گرم و رنگ‌های آبی و ارغوانی، آب‌های سرد را نشان می‌دهند. با نگاهی اجمالی و کلی به تصویر ۱۵ می‌توان چنین برداشت کرد که بین دمای سطحی دریاها در فصل‌های گوناگون، تفاوت‌های زیادی وجود ندارد. ولی با نگاه دقیق‌تر و عمیق‌تر تفاوت‌ها مشخص می‌شوند. به طور کلی، دمای اقیانوس‌ها در حدی متوسط حفظ می‌شود و تغییرات اندکی در دمای آن به وجود می‌آید.

تصویر ۱۵. دمای سطحی دریا در تمام نقاط (الف) با استفاده از سنجنده‌ی AVHRR ماهواره‌ی NOAA و ماه جولای.

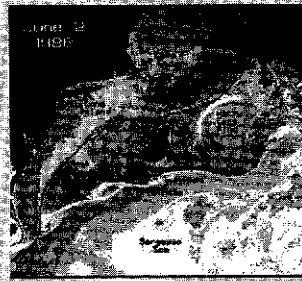


الف



ب

داده‌های آن‌ها مانند سنجنده‌ی (AVHRR) ماهواره‌ی (NOAA) به روز و ساعت در اختیار کاربران قرار دارد. می‌توان با استفاده از داده‌های آن‌ها، تغییرات اتمسفری را به صورت دقیق و به‌روز در اختیار داشت. ضمن این‌که با گسترش استفاده از سنجنده‌های گوناگون و در اختیار داشتن تجربیات دیگران، می‌توان با داده‌های آن‌ها، بررسی پدیده‌های متفاوت و خاص جوی مانند بررسی پراکنش صاعقه و پیش‌بینی میل و... را انجام داد. علاوه بر این پیشنهاد می‌شود سایر سنجنده‌های هواشناسی همچون (TRMM) و یا (SSM/I) نیز در تحقیقات آب و هواشناسی کشور به کار گرفته شوند.

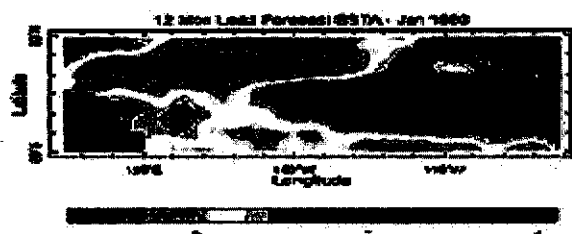
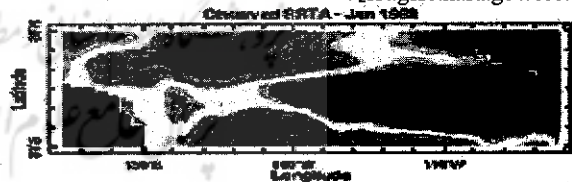


دیتابیس

1. TIROS-1
2. National Aeronautics and Space Administration
3. National Oceanic and Atmospheric Administration
4. Sputnik
5. Aerobee
6. Spiral swirl
7. Orb View2
8. Barents
9. Kola
10. Advanced Very High Resolution Radiometer
11. Operational Line Scanner
12. Defense Meteorological Satellite Program
13. Coastal Zone Color Scanner
14. Nimbus-7
15. Ozone Mapping Spectrometer
16. Active Microwave
17. Passive Microwave
18. Seasat
19. Shuttle Imaging Radar
20. Electrically Scanning Microwave Radiometer
21. Scanning Multichannel Microwave Radiometer
22. Special Sensor Microwave Imager
23. Sounder
24. High Resolution Infrared Sounder
25. Microwave Sounder Unit
26. Stratospheric Aerosol and Gas Experiment
27. Polar Orbiting Environmental Satellite
28. Geostationary Operational Environmental Satellite
29. NASA's Optical Transient Detector
30. Lightning Imaging Sensor
31. sea-surface temperature
32. oceanic-current patterns
33. El Niño
34. Retocipus

۳-۴. تشخیص پدیده‌ی ال نینو

از کاربردهای دیگر SST، تشخیص پدیده‌ی ال نینو^{۳۳} است. این پدیده که به زبان اسپانیایی به معنای (گودک کوچک) است، در نیمکره‌ی جنوبی زمین و هنگام گرمسین تشکیل می‌شود. ال نینو به علت تغییرات فشار جوی شرق اقیانوس آرام، و گرم شدن آب‌های نیمکره‌ی جنوبی به وجود می‌آید. این پدیده می‌تواند تغییراتی را در رژیم جوی آمریکا ایجاد کند؛ از جمله بارش‌های غیرمعمول و وقوع سیل در برخی از ایالت‌های آمریکا. توفان (فروکیوس)^{۳۴} که یکی از گردبادهای فصلی به‌شمار می‌رود، حاصل همین پدیده‌ی هواشناسی است. تصویر ۱۸، تغییرات دمای سطح دریا را بین استرالیا و آمریکای جنوبی در ماه ژانویه نشان می‌دهد که تغییرات دمایی، بیانگر تشکیل آهسته‌ی پدیده‌ی ال نینو و حرکت آن به سوی ساحل‌های آمریکاست [rct.gsfc.nasa.gov/sect3]



تصویر ۱۸. تغییر SST و تشکیل پدیده‌ی ال نینو

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای و سنجنده‌های گوناگون آن‌ها که پیش از نشان بزرگ مقیاس هستند و همچنین، با توجه به این‌که

منابع

1. http://www.allmetsat.com/en/sat_geo.html, Last Retrieved: 06-05-2005
2. http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS 8, Last Retrieved: 21-05-2005
3. <http://www.ghec.msfc.nasa.gov/GOES>, Last Retrieved: 26-07-2005
4. <http://www.geos.noaa.gov>, Last Retrieved: 26-07-2005
5. <http://www.nws.noaa.gov>, Last Retrieved: 26-07-2005
6. <http://www.rsd.gsfc.nasa.gov/goes>, Last Retrieved: 02-01-2005
7. http://rct.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_1b.html, Last Retrieved: 26-07-2005
8. <http://rct.gsfc.nasa.gov/Sect3>, Last Retrieved: 21-06-2005
9. <http://rct.gsfc.nasa.gov/Sect14>, Last Retrieved: 02-01-2005
10. <http://www.jpl.nasa.gov/education>, Last Retrieved: 17-05-2005